

УДК: 534.6
OECD: 01.03.AA

Особенности установления нормативов шума промышленных предприятий

Югай Л.А.^{1*}, Буторина М.В.²

¹Аспирант 4 курса СПбГТИ(ТУ),

²Д.т.н., профессор кафедры «Экология и производственная безопасность»,
Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова
^{1,2}г. Санкт-Петербург, РФ

Аннотация

Данное исследование направлено на разработку технологического норматива по шуму для промышленных предприятий, расположенных в условиях плотной застройки. Проведенные натурные измерения шума позволили уточнить результаты расчета уровня звуковой мощности предприятия как единого источника шума. Новизна исследования заключается в учете экранирования посторонних источников шума, что позволило повысить точность измерений. Установлено, что применение экранирующих конструкций снижает уровень фонового шума на 10–15 дБА, что делает возможным использование метода определения звуковой мощности предприятия как единого источника даже в условиях плотной застройки. На основе полученных данных предложен метод расчета технологического норматива по шуму для промышленных предприятий.

Ключевые слова: измерение шума, источники шума, фоновый шум, производственный шум, методы измерения производственного шума, экранирование постороннего шума

Features of noise rationing for industrial enterprises

Yugay L.A.^{1*}, Butorina M.V.²

¹4rd year postgraduate student of SPbGTI(TU),

²D.Sc., Professor of the Department of Ecology and Industrial Safety,
Baltic State Technical University 'VOENMEH',

^{1,2}St. Petersburg, Russia

Abstract

This study aims to develop a noise standard for industrial enterprises located in densely populated areas. In-site noise measurements allowed for a more accurate calculation of the enterprise's sound power level as a single noise source. The study's novelty lies in the inclusion of shielding for external noise sources, which improved measurement accuracy. It was found that the use of shielding structures reduces background noise levels by 10–15 dBA, making it possible to use the method for determining the sound power of an enterprise as a single source, even in densely populated areas. Based on the data obtained, a method for calculating noise standards for industrial enterprises is proposed.

Keywords: noise measurement, noise sources, background noise, industrial noise, industrial noise measurement methods, extraneous noise shielding

*E-mail:leonid_yy@mail.ru (Югай Л.А.)

Введение

Шумовое загрязнение остается одной из наиболее актуальных экологических проблем современных городов, особенно в условиях плотной застройки и интенсивного развития промышленности. Повышенный уровень шума негативно влияет на здоровье населения, вызывая стресс, нарушения сна, сердечно-сосудистые заболевания и снижение качества жизни. Промышленные предприятия, расположенные вблизи жилых зон, являются значимыми источниками шума, что требует разработки эффективных методов его измерения и контроля. Однако в условиях плотной застройки измерение шума осложняется наличием множества посторонних источников, таких как транспорт, строительные работы и другие промышленные объекты, которые создают высокий уровень фонового шума. Это приводит к искажению результатов измерений и затрудняет оценку вклада конкретного предприятия в общую шумовую обстановку [1]-[3].

Ключевым элементом российской экологической политики является переход на наилучшие доступные технологии (НДТ), что накладывает на промышленные предприятия обязательство по снижению всех видов негативного воздействия, включая шум. Для предприятий I категории негативного воздействия на окружающую среду (НВОС) это требование, закрепленное в Федеральном законе № 219-ФЗ, становится обязательным с 1 января 2025 года, после чего они должны будут работать исключительно на основании комплексных экологических разрешений (КЭР) [1]-[4].

Целью данного исследования является разработка технологического норматива по шуму для промышленных предприятий с учетом экранирования посторонних источников шума. В работе проведены измерения уровня шума на двух промышленных площадках с использованием анализатора шума и вибрации «ЭКОФИЗИКА-110А» и калибратора АК-1000. Особое внимание уделено применению экранирующих конструкций, которые позволяют минимизировать влияние фонового шума и повысить точность измерений. На основе полученных данных предложены рекомендации по установлению технологического норматива, используемого для снижения шумового воздействия промышленных предприятий на окружающую среду и здоровье населения.

1 Подход к оценке акустического воздействия предприятия

Наиболее эффективным способом оценки уровня шума в условиях плотной застройки промышленными предприятиями является проведение натурных измерений на местности. Перед началом измерений необходимо определить ключевые параметры: место, время и условия проведения замеров. Выбор точек измерения является критически важным этапом, так как от него зависит достоверность результатов. В городских условиях измерения часто проводятся на перекрестках с интенсивным движением транспорта и скоплением людей, а также в зонах, где расположены промышленные объекты. В некоторых случаях городская территория разбивается по сетке с определенным шагом, в узлах которой выполняются измерения [1], [5]-[7].

Настоящая работа направлена на разработку технологического норматива шума для промышленных предприятий, характеризующихся множественными источниками шума и расположенных в районах с высокой плотностью застройки. Методология исследования базируется на положениях ГОСТ 31297-2005 [8] и включает проведение инструментальных измерений с применением специализированного оборудования (анализатор шума и вибрации «ЭКОФИЗИКА-110А», калибратор АК-1000).

Особенностью подхода является сравнительный анализ уровня звуковой мощности предприятия в условиях фонового шума и в изолированной зоне. Для обеспечения точности измерений в условиях влияния сторонних источников (транспорт,

соседние производства) использовались шумозащитные экраны. Обработка данных осуществлялась в специализированном программном обеспечении с целью агрегации множественных источников шума предприятия в единый источник [1], [9]-[11].

Результатом работы являются научно обоснованные рекомендации по установлению технологических нормативов, предназначенные для снижения шумового воздействия на селитебные территории.

2 Методология расчетного анализа

Все источники шума предприятия были агрегированы в единый источник, уровни звуковой мощности которого определялись расчетным способом и при помощи измерений.

Расчеты уровней шума в расчетных точках выполнены исходя из шумовых характеристик источников в соответствии с ГОСТ 31295.2 при помощи программного обеспечения «АРМ Акустика 3.2.8». В результаты расчетов внесены поправочные коэффициенты по ГОСТ 31297-2005.

Также были выполнены натурные замеры уровня звукового давления по периметру предприятия. На основе полученных данных была рассчитана его эквивалентная звуковая мощность. Измерения уровней шума проводились в соответствии с ГОСТ 31297-2005 с использованием анализатора шума и вибрации «ЭКОФИЗИКА-110А» и акустического калибратора АК-1000.

Для валидации метода в заранее определенных расчетных точках был проведен сопоставительный анализ:

- расчетного УЗД от известных источников шума;
- натуральных замеров УЗД, выполненных на территории в условиях фонового шума от окружающей застройки [3]-[7].

2.1 Расчет УЗМ предприятия по оборудованию

На территории промышленной площадки выявлены такие источники шума, как: вентиляторы ГОУ с УЗ 76-81 дБА, валковая дробилка с УЗ 83 дБА; смесители – 78 дБА; дозаторы – 80-81 дБА. Измерения шумовых характеристик оборудования выполнены на расстоянии 3 м от источника шума. Более полно шумовые характеристики источников приведены в [1].

Длина площадки составляет 108 м, ширина – 20 м, периметр – 256 м, площадь – 2160 м².

Размер измерительного контура: длина – 117 м, ширина – 30 м, периметр – 290 м, площадь – 3510 м².

Расчетный метод оценки уровней шума на территории, прилегающей к предприятию, реализован в лицензированном программном комплексе «АРМ Акустика 3.2.8», при помощи которого были произведены расчеты суммарных уровней шума в расчетных точках, которые совпадают с точками, где производились измерения (рисунок 1).

В результаты расчета внесены поправочные коэффициенты по ГОСТ 31297-2005:

$$L_w = L_p + L_s + L_f + L_m + L_\alpha, \quad (1)$$

где L_w – уровень звуковой мощности предприятия, дБ; L_p – средний уровень звукового давления на измерительном контуре, дБ; L_s – поправка, учитывающая влияние площади измерительной поверхности, дБ; L_f – поправка, учитывающая влияние ближнего звукового поля, дБ; L_m – поправка, учитывающая влияние направленности микрофона, дБ; L_α – затухание звука в атмосфере, дБ.

Результаты расчета уровней шума представлены в таблице 1. Поправочные коэффициенты составили: $L_s = 38,6$ дБ, $L_f = -1,6$ дБ, $L_m = 0$ дБ. L_a принимается по ГОСТ 31295.2 для нормальных условий.

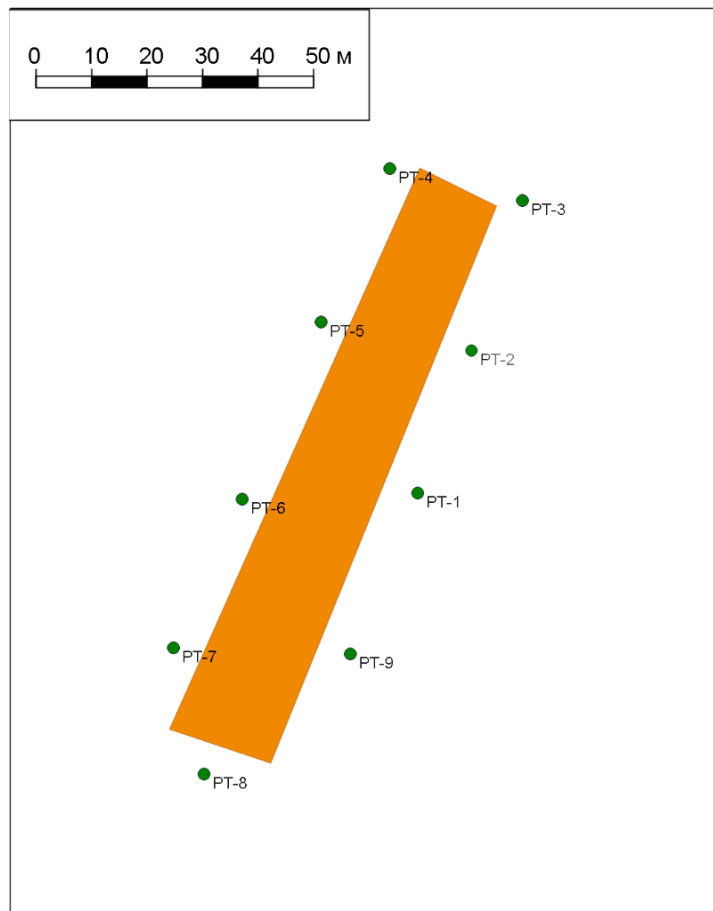


Рисунок 1 – Расчетные точки вблизи промышленной площадки

Результаты расчета уровня звуковой мощности с учетом поправочных коэффициентов представлены в таблице 2.

В ходе расчетов был получен скорректированный уровень звуковой мощности площадки, исходя из результатов расчетов: 87 дБА.

2.2 Расчет УЗМ предприятия по измерениям

В рамках исследования был проведен дополнительный набор замеров в расчетных точках с учетом шумозащитного экрана, используемого для уменьшения воздействия сторонних источников шума [12]. Результаты измерений уровней шума по ГОСТ 31297-2005 проведены для высоты расчетной точки 1,5 м над поверхностью земли, расстояние от экрана до фоновых источников шума составило 1-60 м.

С целью исключения воздействия сторонних источников шума внутри территории предприятия был проведен ряд замеров с использованием шумозащитного экрана, схема расположения шумозащитного экрана представлена на рисунке 2.

Шумозащитный экран представляет собой полотно из фанеры, обшитой звукопоглощающим материалом, высотой 2 м.

Таблица 1 – Результаты расчета уровней шума

№ РТ	Уровни звукового давления (УЗД), дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									$L_{\text{экв}}$, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	68	68	59	51	48	50	48	39	24	54
2	65	64	56	47	45	49	47	38	23	53
3	68	67	55	45	40	37	35	31	26	46
4	71	70	58	50	44	41	39	34	28	50
5	73	72	61	53	47	43	41	37	29	52
6	68	68	55	46	40	37	36	31	26	47
7	66	66	53	43	37	35	34	29	25	45
8	65	65	58	49	47	51	48	39	21	55
9	64	64	59	51	49	52	50	41	18	56

Таблица 2 – Результаты расчета, скорректированного УЗМ по расчетным данным

Наименование показателя	Значение показателя в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Средний УЗД на измерительном контуре, дБ	68,4	67,8	57,8	49,3	45,6	47,6	45,1	37,0	25,5
L_s , дБ	38,6	38,6	38,6	38,6	38,6	38,6	38,6	38,6	38,6
L_f , дБ	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6
L_m , дБ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L_a , дБ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3	0,8	1,4
УЗМ с учетом коэффициентов, дБ	105,4	104,8	94,8	86,3	82,7	84,7	82,4	74,8	63,9
Коррекция А, дБ	40	26	16	9	3	0	-1	-1	1
Корректированные УЗМ, дБ	65,4	78,8	78,8	77,3	79,7	84,7	83,4	75,8	62,9
$\sum L_{wA}$ с округлением согласно МУК 4.3.2194-07 п.1.18е, дБА	87								

Экран устанавливается на расстоянии 3-х метров от точки измерения с целью минимизации отраженных звуковых волн. Необходимость использования экрана была вызвана тем фактом, что разность фона и уровня шума исследуемого источника не позволяла сделать однозначный вывод об уровне шума источника.

Эффективность экрана определялась для каждой расчетной точки прямым методом по ГОСТ Р 51943-2002, результаты оценки показывают эффективность экрана 9-10 дБА, что позволило не учитывать фоновые уровни шума.

В таблице 3 представлены результаты измерений в точках, указанных на рисунке 1. Результаты расчета уровня звуковой мощности по полученным данным с учетом поправочных коэффициентов представлены в таблице 4.

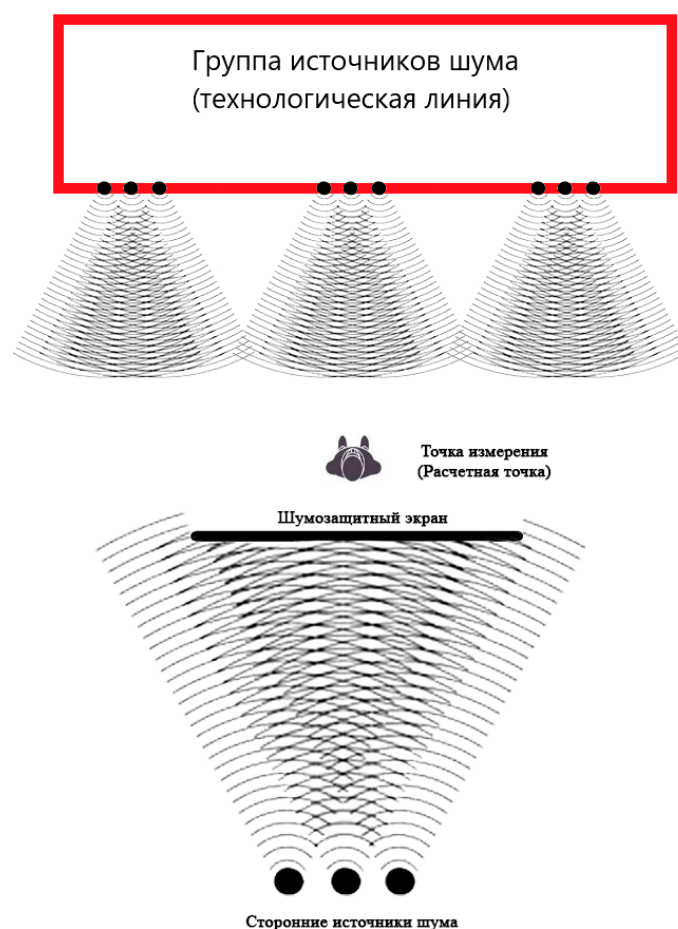


Рисунок 2 – Схема расположения шумозащитного экрана при замерах

Таблица 3 – Результаты натуральных измерений уровней шума

№ РТ	Уровни звукового давления (УЗД), дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									$L_{экв}$, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	69,2	70	61,8	55,5	50	51,8	49,1	41,2	24,9	56,4
2	67,7	67,3	58,8	50,2	47,3	49,9	48,8	39,7	23,5	54,5
3	70,5	70,3	57	48,7	40,2	38,9	37,8	34,2	27,5	48,7
4	73,1	73,1	61,5	53,5	45,5	43,7	40,6	37,8	29,9	52,6
5	76,4	72,7	62,7	56,8	50,4	45,2	43,7	37,1	32,6	54,6
6	70,7	69,9	55,9	48,4	42,2	40,3	37,8	32,6	30,4	48,7
7	69,6	67,9	55,1	46,2	41,6	37,1	37,7	31,6	27,5	47,1
8	65,9	67	60,6	51,8	49,7	54,9	50,7	41,9	22,	57,7
9	66,7	65,1	59,8	52,2	49,8	54,9	51,4	43,2	21,2	57,9

Таблица 4 – Результаты расчета, скорректированного УЗМ по данным измерений

Наименование	Уровни звукового давления (УЗД), дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Средний УЗД на измерительном контуре, дБ	71,2	70,0	59,9	52,7	47,7	50,2	47,1	39,3	28,1
L_s , дБ	38,6	38,6	38,6	38,6	38,6	38,6	38,6	38,6	38,6
L_f , дБ	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6
L_m , дБ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L_a , дБ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3	0,8	1,4
УЗМ с учетом коэффициентов, дБ	109,7	108,5	98,4	91,2	86,3	88,9	85,9	78,5	68,0
Коррекция А, дБ	40,0	26,0	16,0	9,0	3,0	0,0	-1,0	-1,0	1,0
Скорректированные УЗМ, дБ	69,7	82,5	82,4	82,2	83,3	88,9	86,9	79,5	67,0
$\sum L_{wA}$ с округлением согласно МУК 4.3.2194-07 п.1.18е, дБА	91								

В ходе расчетов был получен скорректированный уровень звуковой мощности площадки, исходя из результатов натурных замеров с учетом исключения воздействия посторонних источников шума: 91 дБА.

Заключение

Проведенное исследование позволило определить скорректированный уровень звуковой мощности промышленной площадки (технологический норматив по шуму), который составил:

- 87 дБА при расчете исходя из шумовых характеристик источников;
- 91 дБА при расчете исходя из уровней шума, замеренных на контуре объекта.

Проведенные исследования показали, что результаты расчетного метода определения уровня звукового давления практически совпадают с данными натурных замеров: разница между ними составляет 4 дБА, что является допустимой погрешностью для инженерных расчетов. Такое минимальное отклонение свидетельствует о высокой точности расчетного метода. Все вышеуказанное свидетельствует, что расчетный метод не уступает натурным замерам по шуму и может быть рекомендован для использования при разработке технологических нормативов. Это особенно актуально в условиях, где проведение замеров затруднено или требует значительных ресурсов.

Список использованных источников

1. Югай Л.А. "Возможность применения метода измерения промышленных предприятий с множественными источниками шума в условиях плотной застройки"

промышленными предприятиями" // *Noise Theory and Practice*. – 2023. – Т.9, №4. – С. 79-91.

2. Иванов А.А., Петров С.И. "Методы измерения шума на промышленных объектах в условиях плотной застройки" // *Экология и промышленность России*. - 2021, № 3, том 25, стр. 45-50.

3. Taylor M., Harris D. "Noise reduction strategies for industrial facilities: A global perspective" // *Environmental Pollution*. - 2022, vol. 292, pp. 118-130.

4. Смирнова Е.А., Кузнецов В.М. "Современные подходы к оценке шумового воздействия промышленных предприятий" // *Вестник МГСУ*. - 2020, № 4, том 15, стр. 78-85.

5. Элькин Ю.И., Шашурин А.Е., Курченко П.С., Васильева В.К. Шумообразование на рабочих местах операторов специальных металлообрабатывающих станков // *Noise Theory and Practice*. –2021. –Т.7, №2. – С. 199 - 207.

6. МУК 4.3.2194-07 "Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях", Роспотребнадзор, М. – 2007.

7. Smith J., Brown A. "Noise assessment and control in industrial environments: A review" // *Journal of Environmental Acoustics*. - 2021, vol. 45, no. 2, pp. 123-135.

8. ГОСТ 31297-2005 (ИСО 8297:1994) Шум. Технический метод определения уровней звуковой мощности промышленных предприятий с множественными источниками шума для оценки уровней звукового давления в окружающей среде.3.1.2 Краткая характеристика источников шума.

9. СП 275.1325800.2016 Конструкции ограждающие жилых и общественных зданий. Правила проектирования звукоизоляции.

10. Козлов Д.А., Григорьева Л.Н. "Разработка методики измерения шума на промышленных объектах с использованием анализаторов шума" // *Промышленная экология* / 2022, № 1, том 12, стр. 34-42.

11. Пособие к МГСН 2.04-97 Проектирование защиты от транспортного шума и вибрации жилых и общественных зданий.

12. Шашурин, А. Е. Новые технические и технологические решения для снижения акустического загрязнения шумозащитными экранами / А. Е. Шашурин. – Санкт-Петербург : Балтийский государственный технический университет "ВОЕНМЕХ", 2018. – 134 с. – ISBN 978-5-907054-27-1. – EDN KBGXFI.

References

1. Yugay L.A. "The possibility of using the measurement method of industrial enterprises with multiple noise sources in conditions of dense industrial enterprises" // *noise theory and practice*. – 2023. – Vol.9, No. 4. – pp. 79-91.

2. Ivanov A.A., Petrov S.I. "Methods of measuring noise at industrial facilities in dense buildings" // *Ecology and Industry of Russia*. - 2021, No. 3, volume 25, pp. 45-50.

3. Taylor M., Harris D. "Noise reduction strategies for industrial facilities: A global perspective" // *Environmental Pollution*. - 2022, vol. 292, pp. 118-130.

4. Smirnova E.A., Kuznetsov V.M. "Modern approaches to assessing the noise impact of industrial enterprises" // *Bulletin of MGSU*. - 2020, No. 4, volume 15, pp. 78-85.

5. Elkin Yu.I., Shashurin A.E., Kurchenko P.S., V. Vasilyeva.K. Noise generation in the workplaces of operators of special metalworking machines // *noise theory and practice*. -2021. –Vol.7, No. 2. – pp. 199-207.

6. MUK 4.3.2194-07 "Noise level control in residential buildings, residential and public buildings and premises", Rosпотребнадзор, Moscow – 2007.

7. Smith J., Brown A. "Noise assessment and control in industrial environments: an overview" // Journal of Environmental Acoustics. - 2021, volume 45, No. 2, p. 123-135.

8. GOST 31297-2005 (ISO 8297:1994) Noise. A technical method for determining the sound power levels of industrial enterprises with multiple noise sources for assessing sound pressure levels in the environment. 3.1.2 Brief description of noise sources.

9. SP 275.1325800.2016 Structures enclosing residential and public buildings. Sound insulation design rules.

10. Kozlov D.A., Grigorieva L.N. "Development of a method for measuring noise at industrial facilities using noise analyzers" // Industrial Ecology. - 2022, No. 1, volume 12, pp. 34-42.

11. Manual for MGSN 2.04-97 Design of protection against traffic noise and vibration of residential and public buildings.

12. Shashurin, A. E. New technical and technological solutions to reduce acoustic pollution by noise shields / A. E. Shashurin. - Saint-Petersburg: Baltic State Technical University "VOENMEH", 2018. - 134 с. - ISBN 978-5-907054-27-1. - EDN KBGXFI.